

1930

[ Theo Dusemund ]



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

*Meiner Mutter  
gewidmet*



*Aus der prothetischen Abteilung*

(Leiter: Prof. Dr. F. Jung)

*der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten*

(Direktor: Prof. Dr. Dr. M. Herrmann)

*der Johannes Gutenberg-Universität, Mainz*

---

*Über das Gießen  
kleinerer zahnärztlicher Prothesen  
aus Edelmetall  
unter besonderer Berücksichtigung  
des Zeit- und Arbeitsaufwandes*

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktors  
der Zahnheilkunde

der

Johannes Gutenberg-Universität, Mainz  
vorgelegt von

THEO DUSEMUND

Zahnarzt aus Zell / Mosel

1958

*Dekan: Prof. Dr. Lossen*

*Referent: Prof. Dr. Jung*

Datum des Diploms: 3. Dez. 1958



Es kann heute nicht mehr festgestellt werden, wann und wie die ersten zahnärztlichen Metallgüsse gemacht wurden. Schon um die Mitte des 19. Jahrhunderts finden sich in der Literatur Mitteilungen über gewisse Methoden, welche aber für die Entwicklung der späteren Gußtechnik wenig bedeutend waren.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden in Deutschland von Ollendorf (1905) und in den USA von Solbrig (1905) und Taggart (1907) Verfahren entwickelt, welche für die Lösung des Gußproblems bestimmend waren. Ollendorf bediente sich zum Herstellen von Metallgüssen der Schwerkraft. Er erhitzte eine sehr große Menge Metall über den Schmelzpunkt, das dann durch seine Schwere in die Hohlform hineinlief. Bei der Solbrig'schen oder Dampfgußmethode wird geschmolzenes Metall durch Wasserdämpfe in die Gußform getrieben. Es handelt sich hier um ein zangenförmig konstruiertes Gerät, bei welchem auf dem einen Zangenmaul eine Gußküvette und auf dem anderen eine nasse Asbestplatte angebracht sind. Nachdem das Metall in der Küvette verflüssigt ist, wird die feuchte Asbestplatte gegen die Schmelzmulde gedrückt, wobei durch den entstehenden Wasserdampf das Metall in die Hohlform getrieben wird. Taggart ist der Erfinder des Luftdruckgusses. Metall wird in einer kegelförmigen Oeffnung im Innenteil der Küvette zum Schmelzen gebracht, danach diese Oeffnung mit einem Deckel verschlossen und das flüssige Gußgut durch komprimierte Luft in die Gußform gepreßt und unter Druck gehalten. Diese Methoden ermöglichen das Herstellen mehr oder weniger guter Gußstücke.

Erst ihre Anwendung hat den Metallguß allgemein in die Zahnheilkunde eingeführt. Die seitdem unablässigen Bemühungen, ihn zu verbessern, haben seit 1948 in Deutschland besonders große Fortschritte gemacht. Das ist einmal darauf zurückzuführen, daß wir erst von diesem Zeitpunkt ab die in den Jahren der Abschließung vom Ausland und die besonders in den USA vor sich gegangenen Entwicklungen allmählich kennenlernen und

durch die Besserung der wirtschaftlichen Lage auch kompliziertere und zeitraubendere Methoden in der Praxis durchführen konnten. Der Aufwand an Zeit und Arbeit ist aber bei ihnen so groß, daß ihre generelle Anwendung aus wirtschaftlichen Gründen für die Praxis z. Zt. noch nicht möglich ist. In den folgenden Ausführungen soll untersucht werden, inwieweit auch mit einfacheren Mitteln den Forderungen, die sich aus den metallurgischen Erkenntnissen und den Fortschritten der Technik für das Gießen von Edelmetalllegierungen ergeben, entsprochen werden kann. Diese sind:

1. Vermeiden jeglicher Schädigung der Metalle bzw. der häufiger verwendeten Legierungen, damit das ihnen zukommende Gefüge möglichst unverändert bleibt.
2. Formgetreuer und glatter Guß.

Als Metallschädigungen sind in Betracht zu ziehen:

- a) Inhomogenwerden der Kristalle.
- b) Lunkerbildung.
- c) Schwefelschädigungen.

Die Verarbeitung von Metallen und Legierungen erfordert deshalb Kenntnisse über Zusammensetzung, Gefüge, mechanische, chemische und elektrochemische Eigenschaften der metallischen Werkstoffe. Alle Metalle wie auch Legierungen haben einen kristallinen Aufbau. Die Bildung der Kristalle erfolgt beim Uebergang vom flüssigen in den festen Zustand von winzigen Teilchen aus, welche man Kristallisationskerne oder -keime nennt. Durch Anlagerung weiterer Substanz entstehen dann die eigentlichen Kristalle; aus diesen wieder ein außerordentlich verschiedenes Gefüge, das für jedes Metall und jede Legierung charakteristisch ist. Die Vielseitigkeit begründet auch die verschiedenen Eigenschaften eines Metalls und derselben Legierung. Während bei reinen Metallen der Uebergang vom flüssigen in den festen Zustand bei einem, jedem Metall eigens zukommenden Erstarrungspunkt erfolgt, findet man bei den Mischkristallegierungen ein Erstarrungsintervall, welcher durch die verschiedenen Schmelzpunkte eines jeden Metalls der Legierungen bedingt ist. Ein Metall soll homogen, d. h. jeder Kristall soll gleichartig sein. Bei den Legierungen sind dann die Mischkristalle von absolut gleicher Zusammensetzung der Legierungskomponenten.

Inhomogen ist eine Metallstruktur, wenn in ihren Kristallen das Verhältnis der Legierungskomponenten verschieden ist. Ein inhomogenes Gußstück entsteht durch eine zu schnelle Abkühlung während des Kristallisationsintervalls, welche den Konzentrationsausgleich unterbindet, sodaß in den einzelnen Kristallen Zonen verschiedener Konzentrationen bestehen bleiben. Der Kristall hat also nicht mehr an allen Stellen die gleiche prozentuale Zusammensetzung. Eine Möglichkeit, die unterbrochene Diffusion wieder in Gang zu setzen und den Konzentrationsausgleich herbeizuführen, ist das Homogenisieren, welches eine nachträgliche Wärmebehandlung des Gußstückes ist. Der Nachweis einer inhomogenen Metallstruktur ist exakt nur durch die mikroskopische Untersuchung von Metallschliffen zu erbringen. Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur mit praxisüblichen Methoden gearbeitet und untersucht werden soll, bleibt der unter a) aufgeführte Schaden unberücksichtigt.

## DIE LUNKERBILDUNG.

Lunker sind die beim Guß am meisten störenden Erscheinungen, welche auf ein Minimum beschränkt bleiben sollen. Die Poren enthalten Einschlüsse von Metalloxyden, die sich auch durch Absäuern nicht entfernen lassen und deren Auflösungsprodukte an der Entstehung von krankhaften Erscheinungen durch Metallwirkung mitbeteiligt sein können. Im Munde bilden sich mit den im Speichel vorkommenden Säuren Metallsalze. Da Schwermetallsalze meist ätzend und entzündungserregend sind, wirken sie auf die Schleimhaut als Noxe. So sieht man nicht selten am Zahnfleisch um Kronen und Brücken aus Edelmetall Entzündungen, welche nicht nur mechanischer, sondern auch der eben erwähnten chemischen Natur sind. Die metallographische Untersuchung hat meist immer gezeigt, daß die schuldigen Legierungen inhomogen waren.

Ebenfalls geben Lunker Anlaß zur Verfärbung von Metallen im Munde, verringern die Festigkeit des Gußstückes und verhindern eine einwandfreie Politur. Die Ursachen der Lunkerbildung sind im Ueberhitzen der Legierungen beim Schmelzen und in Schrumpfungsvorgängen beim Erstarren der Schmelze zu suchen. Das Volumen einer Legierung vermindert sich beim Uebergang vom flüssigen in den festen Zustand. Hierbei kommt es zur Bildung von Hohlräumen im Innern des Gusses, die durch

Nachfließen von Schmelze ausgefüllt werden müssen. Mit Schrumpfungsreservoirien kann man erreichen, daß, solange nur die äußeren Schichten erstarren und das Innere noch flüssig ist, Schmelze nachfließen kann. Zu den Schrumpfungsreservoirien zählen weite und kurze Gußkanäle sowie die sogenannten verlorenen Köpfe, welche noch später an passender Stelle beschrieben werden.

## DIE SCHWEFELSCHÄDIGUNG.

Schwefelschäden kommen bei den sogenannten weißen Edelmetallegierungen vor, welche hauptsächlich aus Silber (60 bis 70 %) und zu 30 bis 40 % aus Palladium bestehen. Zur leichteren Verarbeitung der Legierungen werden meistens noch Kupfer und Zink (10 %) und vielfach Gold (5 %) hinzugegeben. Während Silber bei  $960^{\circ}\text{C}$  schmilzt, liegt der Schmelzpunkt des Palladiums bei  $1555^{\circ}\text{C}$ . Das Schmelzintervall der Silber-Palladium-Legierungen befindet sich zwischen  $1000 - 1200^{\circ}\text{C}$ , also höher als bei den Gold-Platin-Legierungen. Die weißen Edelmetallegierungen können gerade noch mit den in zahnärztlichen Laboratorien üblichen Wärmequellen verflüssigt werden. Sie sind empfindlicher in der Verarbeitung als die Goldlegierungen, weshalb sie auch vermehrte Vorsicht erfordern. Die Silber-Palladium-Legierungen sind sehr empfindlich gegenüber Schwefel. Da sie mit größerer Hitze als Gold bearbeitet werden müssen, besteht die Gefahr, daß sich der in der Einbettungsmasse als Bindemittel enthaltene Gips zersetzt. Dieses ist bei einer Temperatur von  $600^{\circ}\text{C}$  der Fall. Die Flammengase wirken reduzierend auf den Gips der glühenden Einbettungsmasse; durch diese Reduktion entsteht Kalziumsulfid, das mit dem Palladium unter Bildung der ternären Verbindung  $\text{Ag}_2\text{Pd}_3\text{S}$  reagiert. Das Gefüge wird zerstört, und die Legierung wird brüchig und spröde. Die Oberfläche sieht dann schwarz, wie verrußt, aus. Das Metall zerbröckelt bei der Verformung. Schwefelschäden können nicht mehr rückgängig gemacht werden. Bei der Verarbeitung von diesen Legierungen wird empfohlen, entweder völlig gipsfreie Spezial-Einbettungsmasse zu verwenden, oder mit gewöhnlicher gipshaltiger Masse vorsichtig umzugehen. Vor allem sind elektrisch beheizte Muffelöfen anzuwenden, weil hierbei keine Flammengase entstehen. Die höhere Schmelztemperatur der weißen Edelmetall- gegenüber den Goldlegie-

rungen erfordert eine einwandfreie Schmelzvorrichtung. Das Gußmaterial soll in 30 Sek. verflüssigt sein. Bei länger dauernder Erhitzung werden Luft und Gas in das Schmelzgut gepumpt, wodurch der Guß porös wird. Ebenfalls besteht die Gefahr, daß die unedlen Legierungsanteile wie Kupfer und Zink verbrannt werden. Eine zahnärztliche Gußarbeit, welche durch Inhomogenität, Lunkerbildung und Schwefelschädigung in Mitleidenschaft gezogen ist, entspricht nicht mehr den Anforderungen. Sie unterliegt in der Mundhöhle der chemischen und elektrochemischen Korrosion, wobei es in leichteren Fällen zu einer Verfärbung des Metalls kommen kann. Bei starker Korrosion tritt ein mehr oder weniger sichtbarer Lochfraß ein, der zur teilweisen oder völligen Zerstörung der Metallarbeit führt. Diese Metallschädigungen mit ihren gesundheitsschädlichen, unhygienischen und die Stabilität des Zahnersatzes gefährdenden Folgen müssen vermieden werden.

Weiterhin werden von einem Guß Formtreue und Oberflächen- glatte verlangt. Die Gußobjekte müssen dieselben Maße haben wie die Ausgangsmodelle. Nachdem durch die Methoden von Taggart, Ollendorf und Solbrig die zahnärztliche Gußtechnik verfeinert, ja überhaupt erst möglich wurde, machte sich schon bald darauf ein Mangel bemerkbar. Man stellte fest, daß die Güsse eine andere Form hatten als das Modell. Daran war die Metallkontraktion schuld. Diese Volumenverringering tritt beim Abkühlen von der Erstarrungs- auf Zimmertemperatur ein und beträgt für zahnärztliche Edelmetalllegierungen 1,25 bis 2 %. Bei reinen Metallen ist die Kontraktion noch etwas größer. Um nun diese Metallschwindung auszugleichen, d. h. einen formgetreuen Guß und auch eine glatte Oberfläche desselben zu erhalten, müssen folgende Faktoren Beachtung finden:

- 1) Modellwachs und seine Verarbeitung.
- 2) Isoliermittel.
- 3) Entfettung des Wachsmodells.
- 4) Einbettungsmassen und Einbettmethoden.
- 5) Gußstifte und verlorener Kopf.
- 6) Austreiben des Wachses aus der Muffel.
- 7) Vorwärmen der Muffel.
- 8) Guß.
- 9) Ausbetten des Gusses.

## MODELLWACHS UND SEINE VERARBEITUNG.

Aus Modellwachs wird die Form für das Gußobjekt hergestellt. Gußwachs besteht aus Paraffin, Ceresin, Carnauba- und Bienenwachs. Die Zusammensetzung des Wachses sowie das proportionale Verhältnis seiner verschiedenen Bestandteile sind maßgebend für die Eigenschaften desselben. Von einem guten Gußwachs verlangt man genügende Plastizität, baldige Erstarrung bei Mundtemperatur, Elastizität und Verbrennung ohne Rückstände. Elastizität ist deshalb von Bedeutung, da sie Formveränderungen, die beim Entfernen des Wachsmodells aus der Kavität entstehen, ausgleichen muß. Wachs hat innerhalb eines Temperaturbereiches von  $20 - 55^{\circ} \text{C}$  eine Expansion. Diese thermische Expansion nutzte man früher aus, um die Goldkontraktion (von der Abkühlung von Guß- auf Zimmertemperatur) auszugleichen. Heute ist man davon abgekommen, da uns expandierende Präzisionseinbettungsmassen zur Verfügung stehen, welche bessere und genauere Resultate ergeben. Nach Maves und Lasater kann man von einer Wachs-Expansion überhaupt nicht sprechen, sondern nur von einer Deformation. Die genannten Autoren behaupten, daß es irrig sei anzunehmen, eine Expansion des Wachses könne die Kontraktion des Gußmetalls kompensieren. Hierzu bringen sie folgenden Versuch als Beweis:

Die Bewegung kleiner Wachsmodelle, welche in ein Wasserbad abwechselnder Temperatur getaucht wurden, projizierte man auf einen Wandschirm mit Skala. Hierbei zeigte sich, daß der Wachskörper auf eine bestimmte Temperatur gebracht und dann wieder abgekühlt, niemals mehr seine ursprüngliche Form annahm.

Festgestellt wurde ferner, daß ein erheblicher Unterschied in der Ausdehnung eines in eine Form gegossenen und eines in die Form hineingedrückten Wachses besteht. Im eingedrückten Zustand sind die Formveränderungen geringer als bei den eingegossenen Wachsen. Für die glatte Oberfläche eines Gusses ist u. a. auch der Verbrennungsrückstand des Wachses in der Form ausschlaggebend. Wachse mit geringem Rückstand sind diejenigen von Taggart und Caulk. Die Erstarrungstemperatur des Wachses soll bei  $40^{\circ} \text{C}$ , also über der Mundtemperatur liegen; denn diese gewährt eine gute Verarbeitungsmöglichkeit am Patienten und schützt das Modell vor dem Verziehen. Eine Wachsform soll bei  $10^{\circ} \text{C}$  aufbewahrt oder sofort eingebettet

werden, denn die Deformation ist umso größer, je näher die Wachstempérature derjenigen liegt, bei der es verarbeitet wurde.

## ISOLIERMITTEL.

Ein Isoliermittel hindert das Wachs, am Modell zu kleben. Man soll bei indirekter Methode die Metall- oder Zementstümpfe nicht mit Vaseline und Oel isolieren, da diese leicht vom Wachs absorbiert werden, sodaß eine Verklebung eintritt. Verdünnte Seifenlösung ist ein geeignetes Isoliermittel. Beim Modellieren im Munde genügt zum Isolieren meist schon der Speichelfilm.

## ENTFETTUNG DES WACHSMODELLS.

Bei der Verarbeitung von Wachs bildet sich ein Film, welcher beseitigt werden muß; d. h.: das WachsmodeLL muß entfettet werden, damit eine optimale Verbindung von Einbettmasse und Wachs stattfindet. Hierzu dienen Netzmittel, welche die Oberflächenspannung des in der Einbettungsmasse enthaltenen Wassers aufheben oder herabsetzen. Die molekulare Bindung von Wachs zu Wasser wird inniger. Als Netzmittel eignen sich Seifenlösungen und eine Flüssigkeit namens Debubblizer, welche die Firma Kerr herstellt. Wenn man auf das mit einem dieser Mittel bearbeitete WachsmodeLL Einbettungsmasse aufträgt, so verteilt sich diese gleichmäßig und tritt mit dem Wachs in enge Verbindung, sodaß die Bildung von Luftbläschen verhindert wird.

## EINBETTUNGSMASSEN UND EINBETTMETHODEN.

Einbettungsmassen bestehen aus folgenden Bestandteilen:

Asbest, Kaolin, Quarz oder Schamotte als feuerfeste Stoffe und Stuckgips als Bindemittel.

Mit diesem Gemisch werden Metalle eingebettet, die miteinander verlötet werden sollen, oder WachsmodeLLe in der Absicht, die Wachstform in Metall zu gießen. Die in eine Hohlform gegossene Schmelze hat nach ihrer Erstarrung stets eine kleinere Form als diese Hohlform oder das Modell. In der Gießereiindustrie wird dem vorgebeugt, indem man entsprechend der Schwindung die Modelle oder Hohlformen größer macht. Als Schwindmaß versteht man den Volumenunterschied zwischen einer geschmol-

zenen und erkalteten Metallmasse. Das Schwindmaß setzt sich zusammen:

1. aus der Volumenminderung beim Uebergang aus dem flüssigheißen in den festheißen Zustand und
2. beim Uebergang vom festheißen in den kalten Zustand.

Die Möglichkeit bei den zahnärztlichen Güssen die Metallschwindung durch Vergrößerung der Wachsmodele zu kompensieren, haben wir natürlich nicht.

Als geeignetes Mittel kommt uns hier die Expansion der Einbettungsmassen zu Hilfe. Die in der Zahnheilkunde verwendeten Legierungen haben eine Kontraktion zwischen 1,25 — 2 % für Edelmetalle und 2,4 — 2,7 % für Stahl. Es müssen also Einbettmassen hergestellt werden, die entsprechend expandieren. Es gibt folgende Möglichkeiten, die Kontraktion der Gußlegierungen durch Expansion der Einbettungsmassen auszugleichen, nämlich die Abbinde- oder hygroskopische und die thermische Expansion oder beide zusammen.

Wenn Gips in der Luft abbindet, nimmt er Luftfeuchtigkeit auf, um das zur Reaktion notwendige Kristallwasser zu ergänzen. Scheu bediente sich dieses Phänomens und fügte während des Einbettens Feuchtigkeit hinzu. Er kam so zu Expansionswerten von 2,2 %. Eine hygroskopische Expansion kann sich durch 2 Vorgänge ergeben:

1. In zwei Zeiten einbetten (trockener Kern mit dichter Mischung um das Wachsmodele und den Rest der Muffel mit dünner Mischung anfüllen).
2. Feuchter Asbest und dichte Mischung.

Die thermische Expansion ist verhältnismäßig größer. Sie soll beim Vorwärmen auf 700 ° C 0,7 — 1,25 % betragen. Damit sie sich ungehindert auswirken kann, ist es empfehlenswert, beim Einbetten eine feuchte Asbestschicht oder Papier, welches verbrennt, zwischen Gußzylinder und Einbettmasse zu bringen. Die thermische Expansion basiert auf den Massebestandteilen Quarz und Cristobalit. Die beiden Expansionen zusammen ergeben einen Wert von 1 — 2 % und sollen die unvermeidliche Kontraktion des erstarrten Metalls, die bei der Abkühlung auf Zimmertemperatur eintritt (feste Schwindung) kompensieren. Die flüssige Schwindung, vom Liquidus zum Solidus wird durch

Nachfließen von Schmelze aus dem Reservoir des verlorenen Kopfes ausgeglichen. Von einer guten Einbettungsmasse wird folgendes gefordert:

1. Schnelle Abbindezeit 5 — 30 Minuten, denn unmittelbar nach dem Erhärten des Gipses soll das Wachs ausgebrannt werden, damit durch längeres Stehenlassen die Masse nicht austrocknet. Unverbrennbare Wachsreste bleiben in der Form und verschlechtern die Oberfläche des Gußobjektes.
2. Feuerfestigkeit. Diese ist durch Quarz und Cristobalit gewährleistet. Schmelzpunkt des Quarzes  $1620^{\circ}\text{C}$  bis  $1700^{\circ}\text{C}$ , des Cristobalits  $1710^{\circ}\text{C}$ .
3. Druckfestigkeit. Wenn die Schmelze beim Guß in die Form geschleudert wird, darf die Einbettmasse an scharfen Ecken nicht abbröckeln.
4. Feinheit der Oberfläche.
5. Expansion.

Der Blasenbildung der Einbettungsmasse kann vorgebeugt werden durch:

- a) Entlüftung der Masse im Vakuator,
- b) Vibration des Kernes beim zweizeitigen Einbetten,
- c) Verwendung von abgekochtem Wasser zum Anrühren der Masse.

## DAS ZWEIZEITIGE EINBETTEN.

Das Wachsmoell wird zunächst mit einer dünnen Schicht angerührter Einbettmasse bepinselt. Dann wird solange Pulver aufgetragen und geriffelt, bis sich ein harter Kern gebildet hat. Den an der Oberfläche erscheinenden Wasserüberschuß kann man mit Löschpapier absaugen. Es entsteht so eine porenfreie, glatte und dem Wachsmoell fest anliegende Schicht aus Einbettmasse. Nach dieser Kernbildung wird der Gußring mit Masse aufgefüllt.

Bei einer anderen Einbettmethode wird dichtangerührte Mischung in einen feuchten Asbestring gebracht. Das Anrühren der Masse geschieht bei Zimmertemperatur. Eine Expansion findet statt, wenn man die Muffel nach erfolgter Einbettung für 20 — 30 Minuten in ein Wasserbad von  $40^{\circ}\text{C}$  taucht. Scheu regelt die

Expansion sogar, indem er die Muffel zu verschiedenen Zeiten eintaucht. Die maschinelle Mischung ergibt schwächere Expansionen; heißes Wasser dagegen stärkere. Die Erhitzung auf 400 — 500° C ergibt eine zusätzliche Expansion von 0,2 %, aber hierbei muß die Erhitzung viel länger dauern als gewöhnlich. Asbest erfordert auch eine längere Erhitzung, doch er gleicht den Ausdehnungsunterschied zwischen Muffel und Einbettungsmasse aus. Bei 320° C liegt die Ausdehnung der Muffel bei 0,6 % und diejenige der Masse bei 1 %. Ist kein Asbest vorhanden, so kann sich die Einbettungsmasse nur nach ihren freien Enden ausdehnen, während mit Asbest die Ausdehnung gleichseitig ist.

#### DIE VAKUUMEINBETTMETHODE.

Sie brachte einen großen Fortschritt für die Gußtechnik. Sie wurde von zahnärztlicher Seite entwickelt und von der Industrie übernommen. Hierbei können komplizierte Gußstücke mit einer Toleranz von 0,07 mm hergestellt werden.

Eine gefüllte Muffel wird in ein luftdicht verschließbares Gefäß gebracht und das Vakuum wird unter gleichzeitigem Rütteln hergestellt, sodaß auch hartnäckige Blasen entweichen. Zahlreiche Konstruktionen für Vakuumgeräte sind auf dem Markt erschienen (Leibold, Pfeiffer, Apfelbaum). Die amerikanischen Apparate von Kerr und Jelenko haben keinen anderen Nachteil, als daß sie für ein kleines Laboratorium zu teuer sind. Ueberhaupt wie die Rentabilität dieser Geräte nur in großen Labors gewährleistet wird.

Philipps hat Vergleiche zwischen der klassischen Einbettung und der Vakuumeinbettung angestellt und hält es für möglich, daß man auch durch die erstere Methode zu guten Erfolgen kommen kann.

Eine weitere Methode zur Herstellung einer blasenfreien Einbettung beruht auf dem Prinzip der Zentrifugalkraft. Die geschleuderte Einbettmasse scheidet sich; und zwar zentrifugal der Brei und zentripetal das Wasser und die Luft. Kalt, Zürich, läßt die angerührte Einbettmasse unter 3 — 4 Atmosphären Luftdruck im Druckrohr erhärten. Hierbei wird die Masse kompakter und fest an das WachsmodeLL gepreßt. Die Gußoberfläche wird frei von Gußperlen.

## GUSS-STIFTE UND „VERLORENER KOPF“.

Der v. K. ist eine Verdickung des Gußstiftes oberhalb des Wachsmodells. Er dient der Lunkervermeidung. Schon vor 25 Jahren wurde der v. K. verwendet. Er wird als kugelförmiges Gebilde an dem Gußstift angebracht und soll als Schmelzreservoir dienen. Sobald die Schmelze in der Hohlform erstarrt, tritt dort durch die Schrumpfung ein nicht mehr ausgefülltes Volumen von 5 % auf. In diesem Augenblick soll die Schmelze im v. K. noch flüssig sein und durch den Gußkanal nachfließen. Der Lunker tritt dann nicht mehr in dem eigentlichen Gußstück, sondern im v. K. auf. Man setzt also voraus, daß es möglich ist, die Erstarrung in einer vorher festgesetzten Reihenfolge eintreten zu lassen = gerichtete Erstarrung. Zuerst das Gußobjekt, dann v. K., und zuletzt der Gußstift, welcher beide Teile verbindet, der sogenannte Hals. Erfolgt die Erstarrung anders, so wird der v. K. unwirksam. Dies alles hängt von zwei Faktoren ab; der Temperatur der Einbettungsmasse und der Größe des v. K.

## DIE TEMPERATUR DER EINBETTUNGSMASSE.

Die gerichtete Erstarrung ist nur dann möglich, wenn die Kristallisation der Schmelze im Gußobjekt früher stattfindet als im v. K. und im Hals. Wie schnell die Kristallisation einsetzt, wird durch die Temperatur der Einbettungsmasse bestimmt. Diese ist immer weniger heiß als das Gußgut. Die Wärme fließt aus dem geschmolzenen Metall in die Einbettungsmasse. Haben alle Wände des Hohlraumes gleiche Temperatur, so erstarrt die Schmelze allseitig im gleichen Augenblick. Ist die Einbettungsmasse aber ungleich vorgewärmt, so erstarren diejenigen Abschnitte des Gußobjektes oder des v. K. am ersten, welche an den kühleren Wandschichten liegen. An den heißen Stellen der Form bleibt die Schmelze länger flüssig. Ein derartiges Nachhinken in der Abkühlung verursacht Lunkerbildung. Die verspätet erstarrenden Abschnitte werden zum Schmelzreservoir für den vorher kristallisierten Teil. Ist die eine Wand der Hohlform kühler gewesen als die andere, so ist mit einer gerichteten Erstarrung nicht mehr zu rechnen. Das Gußstück wird dort lunkerig werden, wo die Muffel besonders heiß war. Daraus folgt, daß man nur dann einen lunkerfreien Guß erhält, wenn man so vorwärmt, daß die Einbettungsmasse rings um das Guß-

objekt gleichmäßig heiß, auf keinen Fall aber heißer als die den v. K. umgebende Masse ist. Das Vorwärmen über der Bunsenbrennerflamme ist einseitig, und es ist mit Lunkerbildung zu rechnen. Nur im geschlossenen Muffelofen kann man gleichmäßig vorwärmen. Das Schmelzen des Gußgutes im Gußtrichter wirkt günstig auf die Temperaturverteilung, weil dann die Einbettungsmasse in der Nähe des v. K. heißer ist als diejenige um den eigentlichen Hohlraum. Besonders günstig wirkt der Kohletiegel, der Degussa-Tiegelschleuder. Er hält den Gußkegel und die ihn umgebende Einbettungsmasse, also auch den v. K., eine zeitlang auf hoher Temperatur.

Der weitere Ablauf des Abkühlens hängt noch von einer anderen Größe ab, nämlich der spezifischen Oberfläche des Gußobjektes, des Halses und des v. K. Diese spezifische Oberfläche eines Körpers ist ein physikalischer Begriff. Sie ist der Quotient aus der Oberfläche und dem Gewicht eines Körpers und wird in  $\text{cm}^2/\text{gr.}$  ausgedrückt. Ihr Zahlenwert hängt stark von der Gestalt ab, die der Körper hat.

Z. B.: Eine Wachskugel von 1 cm Durchmesser wiegt etwa 0,5 gr. und hat eine Oberfläche von  $3,1 \text{ cm}^2$ . Die spezifische Oberfläche beträgt also  $6,2 \text{ cm}^2/\text{gr.}$  Quetscht man diese Wachskugel zu einer Scheibe, so hat diese Scheibe bei 1 mm Dicke etwa 26 mm Durchmesser. Das Wachsgewicht ist gleich geblieben. Die Oberfläche ist größer geworden und beträgt etwa  $11 \text{ cm}^2$ , die spezifische Oberfläche  $22 \text{ cm}^2/\text{gr.}$  Die Erstarrungsgeschwindigkeit wird durch die Wärmeabgabe aus dem Metall an die Einbettungsmasse bestimmt. Die Schnelligkeit des Wärmeaustausches hängt von der spezifischen Oberfläche des Gußobjektes ab. Die Wärmemenge, die abgegeben werden muß, ist proportional dem Gewicht des Gußobjektes. Je mehr Metall der Hohlraum enthält, um so mehr Wärme steckt in ihm. Diese gesamte Wärmemenge muß durch die Berührungsfläche Metall-Einbettungsmasse. Diese Fläche ist aber gleich der Gußoberfläche. Je kleiner die Oberfläche, desto gehemmter ist der Wärmeaustausch. Er verläuft am schnellsten, wenn eine kleine Wärmemenge durch eine große Oberfläche muß, also dann, wenn das Gewicht klein und die Oberfläche groß ist. In diesem Falle hat die spezifische Oberfläche einen großen Zahlenwert. Die Kugel des

obigen Beispiels wird sich langsamer abkühlen als die gleichschwere Scheibe. Man muß folglich die spezifische Oberfläche von Gußobjekt, Hals und v. K. kennen und vergleichen, denn die spezifische Oberfläche des v. K. muß kleiner sein als die des Gußobjektes, und die des Halses kleiner als die des v. K. (Loebich).

#### AUSTREIBEN DES WACHSES AUS DER MUFFEL.

Dieses geschieht nur dann vollständig, wenn es sofort nach Hartwerden der Einbettungsmasse stattfindet. Da dann die Masse noch reichlich Wasser enthält, hilft dasselbe durch Uebergehen in die Dampfform, das Wachs auszutreiben. Die Gußküvette soll eine halbe Stunde lang mit der Gußöffnung nach unten in einen Vorwärmeofen gestellt werden, welcher eine gleichbleibende Temperatur von  $300^{\circ}\text{C}$  haben soll. Zum Vorwärmen muß die Masse vollständig trocken sein, denn sonst kann sie durch die für den Guß notwendige Hitze von dem plötzlich frei werdenden Wasserdampf gesprengt werden. Zur Kontrolle, ob die Einbettungsmasse auch vollkommen trocken ist, hält man einen Spiegel über die Gußöffnung, welcher sich bei noch vorhandenem Wasserdampf beschlägt.

#### VORWÄRMEN DER MUFFEL.

Man soll auf keinem Fall mehr als auf  $700^{\circ}$  vorwärmen, denn der in jeder Einbettmasse enthaltene Gips ist der Zersetzung unterworfen. Die Zersetzungsprodukte, z. B. Schwefeldioxyd, können auf Legierungen, die Palladium enthalten, verderbend einwirken, da Palladium besonders empfindlich reagiert. Aus diesem Grunde ist das Vorwärmen im Gasofen abzulehnen, weil weder die Vorwärmezeiten noch die Temperatur genau festgelegt werden können. Elektrisch beheizte Muffelöfen mit der Möglichkeit der Temperaturregulierung sind vorzuziehen, da auch vor allem die zersetzende Einwirkung der Leuchtgase auf die Einbettmasse wegfällt.

#### DER GUSS.

Gußlegierungen sollen in Plättchen- und nicht in Blechform verwendet werden, denn je größer die Metalloberfläche, um so größer ist die Oxydation. Die Flamme einer Lötpistole, welche auch zum Schmelzen von Metallen verwendet wird, besteht aus mehreren Schichten. Mit der Spitze des reduzierenden Flammen-teils, welche auch der heißeste Teil ist und eine Oxydation

verhindert, muß man das zu schmelzende Metall berühren. Ist das Metall zu weit entfernt, kommt es mit der oxydierenden Flamme in Verbindung. Bei zu großer Nähe fehlt die für das Schmelzen nötige Hitze. Die Oberfläche eines geschmolzenen Metalls soll glänzend und nach überallhin leicht abgerundet sein. Eine Ueberhitzung muß auf jeden Fall vermieden werden, da hierdurch Gas resorbiert wird. Die Folgen der Ueberhitzung sind:

Grobes Korn, Inhomogenität, Poren und damit geringe Festigkeit, Neigung zu rauher Oberfläche und Verfärbung.

Da das Schmelzen der Legierung mit der Lötpistole von dem Geschick und der Erfahrung jedes Einzelnen abhängig ist und eine Ueberhitzung viele unangenehme Folgen hat, wird in neuester Zeit das zu schmelzende Metall in einer elektrischen Muffel erhitzt und von dort aus gegossen. Der neue Elektroofen wird von der Firma Jelenko geliefert.

Eine oft verflüssigte Legierung ist besonders anfällig gegen Gasresorptionen. Man kann dieses Metall trotzdem wieder verwenden, wenn gleichzeitig ein neues Stück der Legierung hinzugefügt wird.

## GUSSAPPARATE.

Die zum Gießen verwendeten Apparate benutzen einesteils zum Guß den Wasserdampf oder komprimierte Luft und andererseits haben sie die Verwendung der Zentrifugalkraft zur Grundlage. Letztere sind einfacher und billiger als die mit Ueberdruck arbeitenden. Die einfacheren Geräte werden mit der Hand bedient und zwar derart, daß durch Ziehen an einem um die Rotationsachse gelegenen Seil der an der Achse befestigte Arm mit der Gußküvette in Drehung gerät. Bei den modernen Apparaten, wie z. B. der Tiegelschleuder (Firma Degussa 1929), wird eine aufziehbare Feder verwendet, um die für einen Guß notwendige Zentrifugalkraft zu gewinnen. Diese Tiegelschleuder, bei welcher auch eine indirekte Erhitzung des Metalls in einem Graphittiegel stattfindet, wurde im Prinzip von den Amerikanern übernommen. Die Gußapparate von Torit und Scandens gestatten durch Aspiration während des Gusses ein Vakuum in der Muffel zu erzeugen. Die Gase wie  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  und  $\text{N}_2$  werden absorbiert, Hierbei ist aber eine völlig neue Einbettmethode notwendig. Die Firma Scheid in Wien konstruiert einen Apparat, der auf dem

Prinzip des Wasserdampfdruckes (Solbrig-Methode) beruht. Hierbei wird ein angefeuchteter Asbeststempel auf die glühende, mit Schmelze beschickte Kùvette gedrückt, wobei der entstehende Wasserdampf das geschmolzene Metall in die Form preßt. Bei den mit komprimierter Luft arbeitenden Apparaten ist um eine fixierte Kùvette eine hermetisch abgeschlossene Kammer gebracht. Durch ein Ventil kann man Preßluft mit einem Druck von 3 — 4 Atù einströmen lassen. Die Schmelze wird auf diese Art plötzlich unter Druck gesetzt und durch den Gußkanal in die Form gedrückt. Diese Geräte arbeiten schnell, da die Druckluft überall gleichmäßig ansetzt. Es wird so verhindert, daß das Metall erstarrt, noch bevor es in die Hohlform gelangt, was mitunter bei den auf der Basis der Zentrifugalkraft arbeitenden Apparaten der Fall ist, vor allem, wenn die Gußstifte zu dünn und zu lang sind. Hierbei fließen oftmals die Randpartien des Gusses nicht deutlich aus.

In den USA wird schon seit einiger Zeit ein Gerät gebaut, mit dem man gas- und flammenlos gießen kann. Hierbei werden die Metallatome durch einen Stromwechsel von 20 — 30 000 mal pro Sekunde in Bewegung versetzt. Durch die entstehende Reibung wird Hitze im Innern des Schmelzgutes erzeugt, und das Metall in 25 — 30 Sekunden verflüssigt. Die Gùsse sollen sehr sauber sein, da weder Gas noch Einbettungsmassepartikel in den Guß verschleppt werden können.

#### AUSBETTEN DES GUSSES.

Die Muffel soll nicht in Wasser abgeschreckt werden, solange das Metall noch hellrot glùht, da sonst Risse im Guß auftreten können. Man läßt vielmehr den Guß langsam erkalten. Hierbei wird natürlich nicht der gleiche Effekt wie bei der Vergùtung erzielt, aber für die Praxis genügt es, wenn nur ein Teil der Optimalwerte erreicht wird, wobei hier noch der Vorteil maßgebend ist, daß diese langsame Erkaltung bequem in den Arbeitsgang eingefügt werden kann. Bei der Verarbeitung von Metallen soll man immer den Grundsatz vor Augen haben, daß man jedes Stück, welches nach dem Glùhen verformt werden soll, abschreckt: andererseits eine Legierung, bei welcher nach der Wärmebehandlung Härte gefordert wird, langsam abkühlen läßt. Bei Beachtung dieser aufgezählten Faktoren ist die Grundlage zur Herstellung eines genauen Gusses gegeben und schon vom Anfang an ein großer Teil von Fehlerquellen beseitigt.

Nach diesem Bericht soll, dem Thema der Arbeit entsprechend, zu ermitteln versucht werden, ob die aufgestellten Forderungen in einfach eingerichteten Laboratorien und mit einem für die deutsche Durchschnittspraxis tragbaren Aufwand an Zeit und Arbeit erfüllt werden können. Dazu wurden einige Versuche angestellt, die darin bestanden, ringförmige Wachskörper von 8 mm Durchmesser, 3 mm Breite und 2 mm Dicke herzustellen, dieselben auf verschiedene Arten einzubetten und dann Metallgüsse herzustellen. Die Maße der gegossenen Ringe entsprechen in ihrer Oberfläche und ihrem Gewicht etwa den kleineren zahnärztlichen Gußobjekten wie z. B. den m. o. d. Füllungen. Die Wachsringe wurden auf einem Modell hergestellt, das folgendermaßen gearbeitet war:

Aus einem Stahlzylinder von 8 mm Dicke wurde ein Stück in einer Tiefe von 2 mm ausgefräst. Ueber diesen ausgefrästen Teil wurde dann ein beweglicher Teil von ebenfalls 8 mm Durchmesser gearbeitet, der axial in 4 mm Durchmesser zylindrisch durchbohrt wurde, sodaß beide Teile ineinander verschieblich sind. Der Abstand des festen vom beweglichen Teil kann entsprechend der Breite des Ringes auf 3 mm eingestellt und fixiert werden. In diesen ringförmigen Hohlraum wurde Wachs gebracht und die Oberfläche mittels einer schwachen Flamme geglättet. Nach dem Erhärten des Wachses wurde dann der Ring abgezogen und ohne Verzug eingebettet. Der Stahlzylinder, auf dem der Wachsring modelliert wird, ist am Ende schwach konisch gearbeitet. Hierdurch ist ein leichtes Entfernen des Ringes möglich und ein Verziehen desselben ausgeschaltet.

Als Gußgut diente Palliag, die Silberpalladiumlegierung der Scheideanstalt Degussa, mit dem spezifischen Gewicht von 11,1 gr. Um bei den Güssen eine gerichtete Erstarrung erwarten zu können, wurde die spezifische Oberfläche des an Masse bekannten Palliagrings und verschieden großer Hälse und v. K. ermittelt.

Da die spezifische Oberfläche der Quotient aus der Oberfläche und dem Gewicht eines Körpers ist, müssen zur Bestimmung derselben folgende Größen errechnet werden:

- 1) Oberfläche,                      2) Gewicht,                      3) Volumen.

Um den jeweils passenden v. K. und Hals zu finden, denn die spezifische Oberfläche des v. K. muß kleiner sein als die des

Pallagringes und diejenige des Halses kleiner als die spezifische Oberfläche des v. K., wurden verschiedene Werte ausgerechnet und in folgenden Tabellen festgehalten:

| Gußobjekt  | Oberfl. cm <sup>2</sup> | Gew. gr | Rauminhalt | Spez. Oberfl. cm <sup>2</sup> /gr |
|------------|-------------------------|---------|------------|-----------------------------------|
| Pallagring | 1,884                   | 1,254   | 0,113      | 1,50 x                            |

| Gußobjekt              | Oberfl. cm <sup>2</sup> | Gew. gr | Rauminhalt | Spez. Oberfl. cm <sup>2</sup> /gr |
|------------------------|-------------------------|---------|------------|-----------------------------------|
| v. K. Durchm.<br>2 mm  | 0,1256                  | 0,0466  | 0,0042     | 3,69                              |
| v. K. Durchm.<br>3 mm  | 0,2826                  | 0,1565  | 0,0141     | 1,79                              |
| v. K. Durchm.<br>3½ mm | 0,3847                  | 0,2499  | 0,0225     | 1,53                              |
| v. K. Durchm.<br>4 mm  | 0,5024                  | 0,3719  | 0,0335     | 1,35 x                            |

| Gußobjekt                            | Oberfl. cm <sup>2</sup> | Gew. gr | Rauminhalt | Spez. Oberfl. cm <sup>2</sup> /gr |
|--------------------------------------|-------------------------|---------|------------|-----------------------------------|
| Hals Durchm.<br>1 mm<br>lg. 0,5 mm   | 0,0157                  | 0,00436 | 0,000393   | 3,65                              |
| Hals Durchm.<br>1,5 mm<br>lg. 0,5 mm | 0,0236                  | 0,0098  | 0,000683   | 2,39                              |
| Hals Durchm.<br>2 mm<br>lg. 0,5 mm   | 0,0314                  | 0,01743 | 0,00157    | 1,80                              |
| Hals Durchm.<br>2,5 mm<br>lg. 0,5 mm | 0,0393                  | 0,02719 | 0,00245    | 1,40                              |
| Hals Durchm.<br>3 mm<br>lg. 0,5 mm   | 0,0471                  | 0,03921 | 0,00353    | 1,20 x                            |

Es kommen für den Palliagring mit der spezifischen Oberfläche von  $1,50 \text{ cm}^2/\text{gr.}$  in Frage:

- 1) v. K. von 4 mm Durchmesser,
- 2) Hals von 3 mm Durchmesser und 5 mm Länge.

Als Apparaturen wurden verwendet:

Degussa-Tiegelschleuder, Vakuator, elektr. Muffelofen und eine Handschleuder.

Folgende Einbettungsmassen sind zur Verwendung gekommen:

Durotherm Bayer, Durotherm hart, amerikanische Masse der Firma Ransom & Randolph und die Pforzheimer Einbettungsmasse.

Bei den Versuchen wurden folgende Einbettungsmassen mit Guß- und Einbettmethoden kombiniert:

**A. Einbettungsmasse Durotherm Bayer.**

- 1) Güsse, mit im Vakuator entlüfteter Einbettungsmasse und mit der Tiegelschleuder gegossen.
- 2) Güsse, mit Kerneinbettung (dichte Masse durch Vibrieren) und mit der Tiegelschleuder gegossen.
- 3) Einfache Güsse, ohne Kerneinbettung und Entlüftung der Masse im Vakuator, über der offenen Flamme vorgewärmt und mit der Handschleuder gegossen.

**B. Einbettungsmasse Durotherm hart.**

- 1) Güsse, mit im Vakuator entlüfteter Masse und mit der Tiegelschleuder gegossen.
- 2) Güsse, nach Gebrauchsanweisung eingebettet (Kern in Form von Bestreichen des Wachsmodells mit Masse und Erhärtenlassen) und mit der Tiegelschleuder gegossen.

**C. Einbettungsmasse der Firma Ransom & Randolph.**

- 1) Güsse, mit im Vakuator entlüfteter Masse und mit der Tiegelschleuder gegossen.
- 2) Güsse, nach Gebrauchsanweisung eingebettet (Kern in Form von Bestreichen des Wachsmodells mit Masse und Erhärtenlassen) und mit der Tiegelschleuder gegossen.

**D. Pforzheimer Einbettungsmasse.**

- 1) Güsse, mit im Vakuator entlüfteter Masse und mit der Tiegelschleuder gegossen.

- 2) Güsse, nach Gebrauchsanweisung eingebettet (Kern durch Aufpinseln von Masse und Bestreuen mit trockener Masse zweimal) und mit der Tiegelschleuder gegossen.

### Ergebnisse:

- 1) Prüfung der Paßfähigkeit.  
Aufpassen des Palliagrings auf dem Stahlzylinder.  
2) Prüfung der Gußoberfläche mit dem Aufsichtsmikroskop.

zu A. 1)

Paßfähigkeit: Ring zu eng.  
Oberfläche: gut.

zu A. 2)

Paßfähigkeit: gut.  
Oberfläche: gut.

zu A. 3)

Paßfähigkeit: Ring zu eng.  
Oberfläche: stark porös.

zu B. 1)

Paßfähigkeit: Ring zu eng.  
Oberfläche: gut.

zu B. 2)

Paßfähigkeit: Ring zu eng.  
Oberfläche: gut.

zu C. 1)

Paßfähigkeit: Ring zu eng.  
Oberfläche: gut.

zu C. 2)

Paßfähigkeit: gut.  
Oberfläche: gut.

zu D. 1)

Paßfähigkeit: Ring zu eng.  
Oberfläche: gut.

zu D. 2)

Paßfähigkeit: Ring zu eng.  
Oberfläche: gut.

Die Beurteilung der Oberfläche erfolgte durch das Aufwischmikroskop, und zwar nach Größe und Zahl der Poren. Ferner in der Art ihrer Verteilung, ob vereinzelt oder in Haufen. Bei der Beurteilung „gut“ fanden sich nur einzelne kleine Poren über die Oberfläche verteilt, während bei den stark porösen Gußstücken große Poren in Haufenbildung vorzufinden waren.

Der Kern um das Wachsmo­dell wurde folgendermaßen hergestellt:

Nach dem Entfetten des Wachsmo­dells wurde eine dünne Schicht angerührter Einbettungsmasse mit dem Pinsel aufgetragen und mit trockener Masse bis zur Sättigung bestreut. Dann wurde der entstandene Kern bis zum Wasseraustritt vibriert (geriffelt) und abermals mit trockener Masse bestreut. Dieser Vorgang wiederholte sich so oft, bis die gewünschte Größe des Kerns erreicht war.

Dieser Art der Kerneinbettung steht die Weise gegenüber, wie sie in den Gebrauchsanweisungen bei einzelnen Einbettungsmassen vorgeschrieben wird. Hier besteht der Kern nur in einer einfachen Schicht aufgetragener Masse, welche man dann erhärten läßt.

Die besten Güsse der Versuchsreihe, was Formgetreue und Glätte der Oberfläche anbetrifft, resultierten aus:

- 1) Kerneinbettung des Wachsmo­dells mit der Masse Durotherm Bayer und Guß mit der Degussa-Tiegelschleuder.
- 2) Einbetten des Wachsmo­dells mit der amerikanischen Masse nach Gebrauchsanweisung und Guß mit der Degussa-Tiegelschleuder.

Bei allen anderen Güssen ließ die Paßfähigkeit zu wünschen übrig; das heißt, die Ringe waren zu eng. Da die Technik bei allen Versuchen, mit Ausnahme einer Serie, die gleiche war — alle Güsse wurden mit der Tiegelschleuder ausgeführt und die Gußmuffeln elektrisch vorgewärmt — dürfte die Fehlerquelle bei den einzelnen Einbettungsmassen und deren Verarbeitung zu suchen sein.

Bei der Verarbeitung der Massen fanden, wie schon erwähnt, zwei Methoden Anwendung:

- 1) Verarbeitung der Masse im Vakuator.
- 2) Verarbeitung der Masse nach Gebrauchsanweisung.

Alle Ringe, die nach der ersteren Methode hergestellt wurden, waren zu eng. Bei der zweiten Methode ergaben sich bessere Resultate. Hieraus folgert, daß die Verarbeitung der Einbettungsmassen im Vakuator nur Einfluß auf die Oberflächenbeschaffenheit des Gußobjektes hat. Die Oberfläche wird äußerst glatt, aber die Formtreue ist bei diesen Versuchsfällen nicht positiv beeinflußt worden. Eine glatte Oberfläche wurde auch durch die Kerneinbettung erzielt, wobei ja durch das Vibrieren des Kernes die Masse ebenfalls verdichtet und entlüftet wird. Die formgetreue Wiedergabe der Güsse, wie sie bei Verwendung der amerikanischen Einbettungsmasse erzielt wurde, liegt in den günstigen Expansionswerten derselben. Die guten Ergebnisse bei der Kerneinbettung wurden meines Erachtens eben durch diese Methode bewirkt. Das wiederholte Vibrieren und Bestreuen des Kerns mit trockener Masse ergibt eine dichte Mischung, und eine dichte Mischung bewirkt günstige Expansionswerte.

Bei den Versuchen wurden auch „einfache“ Güsse, ohne Kerneinbettung, Vakuator und elektrischen Muffelofen, sondern mit der offenen Flamme gegossen, hergestellt. Die Ergebnisse sind recht unbefriedigend, sowohl in Hinsicht auf die Paßfähigkeit als auch auf die Oberflächenbeschaffenheit.

Nach dem derzeitigen Stand der Forschung und Praxis sind für das Gußverfahren folgende Maßnahmen und Geräte geeignet:

Was den Zeit- und Arbeitsaufwand anbetrifft, so ergeben sich hier bei Verarbeitung einzelner Einbettungsmassen beträchtliche Unterschiede. Am einfachsten in der Verarbeitung der Masse und in der Wartezeit bis zur Gußreife der Muffel ist die Kerneinbettung mit der Masse Durotherm Bayer. Hierbei ist die Form in etwa 70 Minuten gußreif. Bei der Pforzheimer Masse vergehen  $2\frac{1}{2}$  Stunden, und bei der amerikanischen Masse dauert es 4 Stunden bis zur Gußreife.

Das Vorwärmen der Muffel geschieht am besten und sichersten im geschlossenen elektrischen Vorwärmeofen. Das Gießen ist aus folgenden Gründen mit der Degussa-Tiegelschleuder zu empfehlen:

- 1) Die Erhitzung des Gußgutes erfolgt indirekt im Kohletiegel, wodurch eine Ueberhitzung des Metalls vermieden wird. Bei der offenen Schleuder besteht immer die Gefahr, das Metall zu verbrennen.

- 2) Das Metall wird in reduzierender Atmosphäre geschmolzen. Die Oxydation des Gußgutes wird verhindert, was die Anwendung eines Flußmittels unnötig macht.
- 3) Da der Kohletiegel über dem Gußkanal liegt, wird das Metall lange flüssig gehalten. Das Gußstück kann Schmelze nachsaugen und so lunkerfrei erstarren.
- 4) Der Zeitaufwand ist gering, weil der Kohletiegel mit dem Gußgut im Gußapparat vorgewärmt werden kann. Der eigentliche Gußvorgang ist innerhalb einer Minute erledigt.

## ZUSAMMENFASSUNG:

Nach Ermittlung der Fehlerquellen des zahnärztlichen Gußverfahrens wurden die üblichen Arbeitsgänge und Methoden beschrieben. Durch Versuche wurde ermittelt, unter welchen Bedingungen brauchbare Güsse kleinerer Objekte aus Edelmetalllegierungen mit einem relativ geringen Zeit- und Arbeitsaufwand hergestellt werden können.

## LITERATURNACHWEISE:

Bonsack:

Der heutige Stand des Gußproblems.  
D. Z. Z. 1953, Heft 1 und 2.

Loebich:

Der Lunker und seine Vermeidung.  
D. Z. Z. 1953, Heft 18.

Weikart:

Leitfaden der zahnärztlichen Werkstoffkunde.  
Carl Hanser-Verlag, München 1950.

Falck:

Werkstoffkunde für Zahnärzte.  
Carl Hanser-Verlag, München 1948.

Spreng:

Edelmetalle aus „Die Zahn-, Mund- und Kiefer-  
heilkunde“, Band V.  
Verlag Urban & Schwarzenberg, München 1955.

Mathé:

Zahnärztliche Laboratoriumstechnik aus „Die  
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde“, Band IV.  
Verlag Urban & Schwarzenberg, München 1955.

## LEBENS LAUF.

Ich, Theo Dusemund wurde am 10. 12. 1928 als Sohn des Dentisten Theo Dusemund und seiner Ehefrau Clara geb. Schiemann, in Zell/Mosel geboren. Von 1934 bis 1938 besuchte ich die Volksschule und von 1938 bis 1943 die dortige Rektoratsschule. 1943 wechselte ich auf das Realgymnasium nach Simmern/Hunsrück über. Noch im selben Jahr wurde ich als Luftwaffenhelfer zum Militärdienst eingezogen, geriet 1945 in amerikanische Gefangenschaft, aus welcher ich nach 9 Monaten entlassen wurde.

Meine unterbrochene Schulzeit nahm ich dann 1946 wieder in Simmern auf, wo ich am 21. 7. 1949 meine Reifeprüfung ablegte. Zum Wintersemester 1949 immatrikulierte ich mich zum Studium der Zahnheilkunde an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz, an welcher ich am 28. 6. 1954 approbierte. 1954 übernahm ich dann die zahnärztliche Praxis meines 1949 verstorbenen Vaters.

Zell/Mosel, den 28. Juli 1958.

*Theo Dusemund*



*An dieser Stelle möchte ich  
Herrn Prof. F. Jung  
für seine freundliche Hilfe danken.*





